

COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE REACTIVIDAD POTENCIAL ALCALINA EN AGREGADOS FINOS UTILIZADOS EN BAHIA BLANCA Y PUNTA ALTA, PROV. DE BUENOS AIRES.

Pedro J. Maiza<sup>1</sup>, Silvina A. Marfil<sup>2</sup>, Jorge D. Sota<sup>3</sup>, Oscar R. Batic<sup>3</sup>.

1. Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur. Carrera de Investigador. CONICET.
2. Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires.
3. Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires. CIC-LEMIT.

PALABRAS CLAVES: Reacción - agregados - álcali - hormigón - métodos - arena -

RESUMEN

En este estudio se dan a conocer los resultados de la evaluación de arenas utilizadas como agregados finos en la zona de Bahía Blanca y Punta Alta (Prov. de Buenos Aires) desde el punto de vista de su reactividad potencial frente a los álcalis del cemento portland.

Para ello se utilizaron los siguientes métodos analíticos, "Agregados para hormigones - Examen petrográfico (IRAM 1649)", "Ensayo de reactividad alcalina potencial en agregados - Método de ensayo químico (IRAM 1650)" y "Barras de mortero para la determinación de la reactividad alcalina potencial (IRAM 1637)".

El material analizado proviene de las canteras de Punta Alta (tanto las de origen continental como marino), Puerto Galván, Médanos y Bajo San José (Partido de Pringles). En ellas se obtiene la casi totalidad del agregado fino natural utilizado en la zona mencionada.

Los resultados obtenidos indican que algunos agregados son altamente reactivos, evidenciando excesivas expansiones en las barras de mortero, presentando hasta fracturamiento, en cambio otros no muestran reactividad.

Los resultados de la expansión en barras de mortero se comparan con la cantidad de sílice disuelta que entra en solución cuando el agregado se ataca con una solución 1N de NaOH obtenida al aplicar el método químico y el contenido de vidrio presente en el agregado en la fracción 50-100, determinado mineralógicamente por la técnica del corte delgado.

ABSTRACT

The results of different test methods realized with aggregates from deposits of marine and fluvial origins, according with the alkali-aggregate reaction, of habitual using in the Bahia Blanca area, are shown in this paper.

The used methods are: the petrographical (ASTM-C-295), the chemical (ASTM-C-289) and the mortar bar (ASTM-C-227).

There are shown coincidences of results in the most parts of the studied aggregates. It is proposed: for sands which have the presumption of being deleterious, be used for mineralogical identification the thin court technique.

INTRODUCCION

1.1. La reacción álcali-agregado es dada a conocer en los trabajos de Stanton (1940), donde se la describe por primera vez y se plantea una hipótesis acerca de su desarrollo. Desde entonces son numerosos los autores que han trabajado, entre los que pueden citarse a Swenson (1957, 1958), Tremper (1948), Powers et al. (1955), Mielenz (1958), Bérubé (1986, 1985), etc., sin llegarse a conclusiones definitivas, es por ello que debe evitarse que en las obras que se inicien se den las condiciones como para que se desarrolle. En las fotografías N° 1 y 2 se muestran obras afectadas por esta reacción.

Cuando la estructura esté en contacto con agua o alta humedad, ya sea en for-

ma periódica o permanente, como es el caso de diques, conductos o estructuras en terradas en suelos con nivel freático elevado, es imprescindible estudiar la posible reactividad de los agregados ante la presencia de álcalis en el hormigón. También es deseable que se dispongan de estudios completos de caracterización de las diferentes fuentes de aprovisionamiento de materiales, en especial al comenzar la explotación de nuevos yacimientos.

Estudios realizados en los primeros años de la década del 70' (Batic et al. 1974) sobre algunos yacimientos de la zona, detectaron agregados deletéreos. Con el propósito de evaluar las fuentes de aprovisionamiento de agregados finos en la zona de Bahía Blanca y Punta Alta, desde el punto de vista de la reactividad alcalina potencial se muestrearon las siguientes canteras:

Canteras N° 1, 2 y 3 pertenecientes al área suburbana de Punta Alta.

Cantera N° 4 : Baterías (Base Naval Puerto Belgrano).

Cantera N° 5 : Puerto Galván.

Cantera N° 6 : Cercana a la localidad de Médanos (Partido de Villarino).

Canteras N° 7 y 8: Bajo San José (sobre ruta N° 51).

La identificación de estos materiales puede realizarse empleando métodos petrográficos, químicos, prismas de hormigón y/o mortero, etc.. Puede decirse que ninguno resuelve totalmente el problema debido fundamentalmente a la gran variedad de agregados que debe cubrir. Por ello se aconseja la aplicación de más de uno simultáneamente, y cuando sea posible complementarlos con observaciones de obras ejecutadas con estos agregados.

El objeto de este estudio es calificar a los agregados mencionados mediante los ensayos de reactividad alcalina potencial, examen petrográfico, método químico y barras de mortero, relacionando los resultados obtenidos.

1.2. Para la obtención de los agregados finos se realizó un reconocimiento a fin de obtener muestras representativas.

Los materiales de las canteras N° 1, 2 y 3 son de origen eólico y presentan una marcada homogeneidad litológica. Los afloramientos guardan relación con la actividad eólica, emergen a la superficie como pequeñas lomada fijadas por vegetación. Se muestrearon los frentes actuales de explotación.

El material de la cantera N° 4 es de origen marino, de edad reciente, heterogéneo, intercalándose arenas finas y gruesas e incluso en el piso se reconoció un nivel de arena muy fina con intercalaciones de rodados de cuarcitas. Se tomaron muestras de los diferentes niveles.

Las arenas de la cantera N° 5 se extraen por dragado de la ría, frente a Puerto Rosales, muy próximo a la cantera anterior, por lo que se considera que se trata del mismo nivel.

El material de la cantera N° 6 corresponde a niveles arenosos, bolsonares, heterogéneos, emplazados debajo del nivel de tosca, al que se accede luego de la eliminación de aproximadamente 40 cm de suelo. Se muestrearon los diferentes nivel

les de arena en tres perfiles.

El material de las canteras N°7 y 8 corresponde a la fracción arena de sedimentos fluviales emplazados en las terrazas del arroyo Sauce Grande. El material extraído de las canteras es seleccionado por tamizado y eliminada la fracción limo-arcillosa por lavado. Se tomaron muestras de este material.

## METODOLOGIA

Para el estudio de la reactividad potencial del material extraído se seleccionaron tres métodos, que son los más usuales:

Método petrográfico

Método químico

Método de la barra de mortero

### 11.1 Examen petrográfico.

Este método se halla cubierto por la norma IRAM 1649, (ASTM-C-295) y consiste en realizar un estudio mineralógico de las diferentes fracciones que componen el agregado fino. Existen recomendaciones para interpretar los resultados en las cuales figuran los minerales y las rocas consideradas como potencialmente reactivas.

Por considerarse de gran utilidad se acompaña en la tabla N°1 un listado incorporado en las normas Sudafricanas SABS (1980), donde se puede observar que es muy grande el número de rocas potencialmente reactivas, También existen límites aconsejados para la cantidad de minerales reactivos petrográficamente que pueden ser tolerados. (Por ejemplo la norma IRAM 1512 E-9 a E-11 o PRAEH 1964 o CIRSOC 201).

Los minerales silíceos considerados reactivos son los constituídos por variedades de cuarzo amorfo o criptocristalino como ópalo, tridimita, cristobalita y calcedonia, esta última cuando se halla pura no es reactiva, pero generalmente está asociada o contaminada con ópalo y es muy difícil diferenciarla; solamente se puede hacer a través de DRX (Cortelezzi 1969). El vidrio volcánico y rocas volcánicas como así también el cuarzo cataclástico que ha sufrido deformaciones bajo severas condiciones de presión y temperatura, que posee un ángulo de extinción ondulosa de 15 o más grados, deformado sobre todo en formas de laminillas - deben considerarse potencialmente reactivos, (Oberholster 1978; Dolar Mantuani 1981).

Para realizar este análisis y especialmente para establecer la composición, definir la presencia de vidrio volcánico ya sea en su forma clástica o como componente de la fracción lítica y el estado de alteración que presentan, se confeccionaron con el agregado y cemento portland, pastillas con las que se hicieron cortes delgados para ser observados al microscopio petrográfico. El conteo se realizó siguiendo la norma IRAM 1649.

La ventaja de este método es la posibilidad de disponer de un resultado en po

co tiempo (24 o 48 horas). Aunque considera más agregados reactivos que los que realmente son. Como antecedente debe mencionarse que de los 400 agregados procedentes de diferentes zonas del país, estudiados por la Comisión de Estudio de la RAS en la década del 70', solamente el 5% resultaron ser deletéreos con el método de la barra de mortero.

#### 11.2. Método de ensayo químico.

Se realizó siguiendo las pautas de la norma IRAM 1650 , (ASTM-C-289), que consiste en someter a una porción representativa del agregado en estudio en su fracción N° 50-100, a la acción de una solución 1N de NaOH a 80°C durante 24 horas. Luego se determina la cantidad de sílice disuelta por gravimetría y la reducción en la alcalinidad de la solución por titulación con una solución 0.05 N de ClH, utilizando de referencia un blanco de NaOH 1 N.

Es un método que permite tener una evaluación rápida de los agregados. Está basado en sólidos principios teóricos. Sin embargo, el límite entre agregados reactivos e inócuos es arbitrario y existen datos documentados por la bibliografía donde agregados calificados como inócuos han dado severos problemas al utilizarlos en obras, (Davis 1981; Poitevin et al. 1983).

#### 11.3. Método de la barra de mortero.

Este método se halla descripto en la norma IRMA 1637 , (ASTM-C-227), demandando para su desarrollo como mínimo seis meses.

Consiste en elaborar barras de mortero con el agregado en estudio y un cemento portland de alto álcali (mayor de 0.8 % de álcali total expresado como  $\text{Na}_2\text{O}$  equivalente) y estacionarlas en un ambiente saturado de humedad a 38°C. Se realizan mediciones de los cambios de longitud en el tiempo, cada 30 días, hasta los 180 días, complementando con observaciones visuales de las superficies (manchas, geles, fisuras, etc.).

Existen recomendaciones sobre los límites máximos de expansión admisibles - que son 0.05 % para la edad de 3 meses y 0.1 % para 6 meses. La tendencia actual es prolongar los estudios hasta 1 año o más. Si los valores obtenidos superan al máximo establecido para 6 meses, el agregado es considerado reactivo.

La ventaja de este método es poder realizar estudios con los materiales reales que se utilizarán luego en la elaboración del hormigón y en la proporción de obra.

### RESULTADOS

#### III.1. Examen petrográfico.

De los minerales y rocas identificados y cuantificados al microscopio petrográfico, se expresan los resultados correspondientes al vidrio volcánico ya que es éste el componente deletéreo predominante en los agregados estudiados.

En la tabla N°2 se mencionan los porcentajes de vidrio volcánico en las fracciones normalizadas según la norma IRAM 1649, referidos al total en la fracción, al total de la muestra y el contenido de vidrio en la muestra total.

Puede observarse que en general el contenido de vidrio es mayor en las fracciones más finas (t. IRAM 0,240 y 0,150 mm) y que en las canteras homogéneas la variación en el contenido de vidrio en las diferentes muestras analizadas es pequeña comparada con las canteras que presentan frentes heterogéneos.

### III.2. Método químico.

En la tabla N°3 se expresan los valores de sílice disuelta, C1 y R para las muestras estudiadas.

Según este método se calificó a los agregados como se muestra en la figura N°1.

Los resultados se resumen en el cuadro siguiente:

Cantera N°	Agregados finos reactivos	Agregados finos inócuos
1		X
2	X	
3	X	
4	X	X
5	X	
6	X	X
7		X
8		X

Cuadro N°1

Las canteras N° 4 y 6 mostraron zonas con agregados reactivos e inócuos, ello se debe a la heterogeneidad de los yacimientos.

### III.3. Barras de mortero.

Los resultados de las variaciones de volumen de las barras de mortero se indican en la tabla N°4.

De todas las muestras estudiadas, sólo cuatro de ellas permanecen al cabo de seis meses de lectura como no reactivas. El resto ya a los tres meses superan el valor que se aconseja utilizar como máximo.

En el cuadro N°2 se califican a los agregados según este método:

Cantera N°	Agregados finos reactivos	Agregados finos inócuos
1		X
2	X	
3	X	
4	X	
5	X	
6	X	X
7		X
8		X

Cuadro N°2

En este cuadro es posible observar que algunas muestras de la cantera N°6 resultaron inócuas y otras reactivas, corroborando los resultados obtenidos en el método químico.

#### CONSIDERACIONES

IV.1. El análisis mineralógico de un agregado fino (con grano suelto) al que se pretendió calificar desde el punto de vista de la reactividad alcalina potencial, no dio buenos resultados, debido a que no es posible la identificación clara y precisa de los clastos de vidrio volcánico y especialmente de los fragmentos líticos vítreos.

No es posible establecer el grado de alteración, de los minerales de neoformación.

IV.2. El análisis petrográfico debería efectuarse sobre secciones delgadas, recurriendo a las propiedades ópticas para identificar cada uno de los componentes. Para ello es necesario llegar a 20 micrones de espesor. En estas condiciones es posible definir con seguridad todos los aspectos que permiten identificar, calificar y cuantificar a los componentes del agregado.

IV.3. Desde el punto de vista de la reactividad alcalina potencial, es necesario detallar, en el análisis convencional, el tipo de vidrio presente, (ácido, básico, intermedio), grado de alteración, composición del fragmento lítico, especialmente en lo que hace al contenido de vidrio y su alteración.

Es imprescindible identificar y cuantificar la presencia de especies silíceas deletéreas tales como calcedonia, ópalo y particularmente tridimita, ya que ésta ha demostrado ser áltamente reactiva, aún en cantidades muy pequeñas.

IV.4. La determinación de la reactividad por el método químico, se basa en la definición de dos parámetros fundamentales: Sílice disuelta y reducción de alcalinidad. La imprecisión en la obtención de este último valor hace que pequeñas variaciones hagan oscilar a un agregado entre reactivo e inócuo, sobre todo cuando se trabaja en rangos de Cl entre 50 y 250 milimoles por litro.

IV.5. Es difícil dar normas precisas para evaluar la reactividad de un agregado cuando va a ser utilizado con un cemento de alto álcali o puede haber aportes de otros orígenes y la obra estará en contacto con humedad elevada durante gran parte de la vida útil. El criterio más conveniente es tratar de observar el comportamiento de obras similares; ello no es siempre posible en nuestro país.

El criterio a seguir en este último caso es realizar el examen petrográfico complementado con resultados obtenidos con el método de la barra de mortero. También es aconsejable utilizar el método químico, conjuntamente con el de las barras de mortero y de ser posible con el petrográfico. Es preferible no confiar exclusivamente en los resultados de una sola prueba. Se debe tener presente que en el caso de estudiar agregados deletéreos con reacción lenta, es necesario prolongar los plazos de estudio hasta 1, 2 o más años.

IV.6. En el gráfico de la figura N°2 se comparan los resultados obtenidos por los

tres métodos, observándose una buena correlación entre ellos.

## CONCLUSIONES

V.1. El análisis petrográfico detallado (utilizando cortes delgados en agregados finos), permite identificar el tipo de componente deletéreo el cual ayuda a predecir la velocidad y la magnitud de la reacción.

V.2. En el método químico se verifica una imprecisión en la calificación del agregado desde el punto de vista de su reactividad en el rango 50-250 milimoles por litro de sílice disuelta, debido a la influencia que tiene la medición de la reducción en alcalinidad.

V.3. El método de la barra de mortero constituye una determinación más próxima al comportamiento real del agregado en obra, si bien debe considerarse que para obtener resultados definitivos, deberán esperarse como mínimo seis meses y en el caso de agregados de reacción lenta o diferida es necesario prolongar el estudio más allá del año.

V.4. La combinación de los tres ensayos realizados sobre los agregados estudiados permite calificarlos como: reactivos a los correspondientes a las canteras N° 2, 3, 4 y 5; inócuos a los pertenecientes a las canteras N°1, 7 y 8. El material de la cantera N°6 resultó reactivo en algunas muestras e inócuo en otras, en todos los métodos estudiados. Por lo dicho, la cantera N°6 debe considerarse reactiva. Esto se debe a la heterogeneidad del material muestreado, cabe destacar que el contenido de vidrio en barras que resultaron expansivas es del 5 %, mientras que en las que resultaron inócuas no supera el 2 %.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional del Sur, al CONICET, a la CIC y al LEMIT por la ayuda y colaboración prestadas.

## BIBLIOGRAFIA

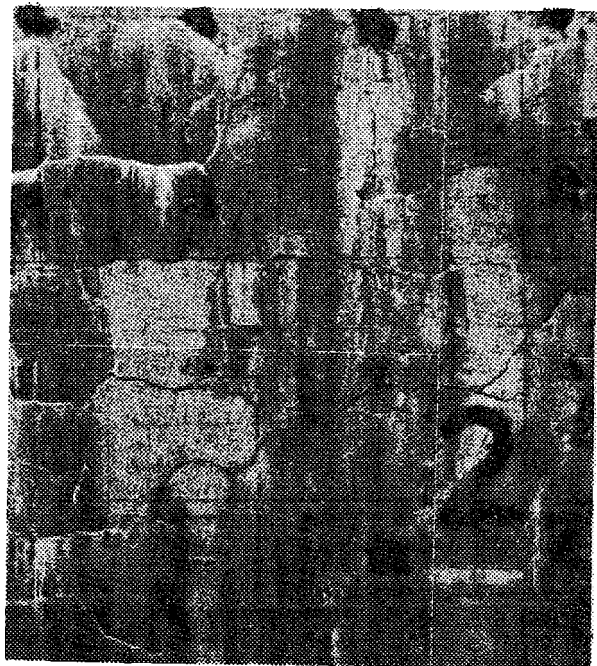
- ASTM-C 227/81 (1981). Standard test method for potential alkali reactivity of cement-aggregate combinations (Mortar-Bar method). (148-153).
- ASTM-C-289/81 (1981). Standard test for potential reactivity of aggregates (Chemical method). (193-197).
- ASTM-C-295/79 (1979). Standard practice for petrographic examination of aggregates for concrete.
- Batic O.R.; Wainsztein M. e Iñiguez A. (1974). Estudios y experiencias sobre agregados para hormigones empleados en la zona de Bahía Blanca en relación a la reactividad alcalina potencial. Anales LEMIT 1.
- Bérubé Marc; André et Fournier Benoit (1986). Les produits de la réaction alcalis-silice dans le Béton: Etude de cas de la Réson de Québec. Canadian Mineralogist. Vol. 24. (271-288).
- Cortelezzi C.R.; Iñiguez A.M; Gial S B. (1969). Estudio mineralógico de algunas calcedonias argentinas. Comisión de estudio de la reacción álcali-árido.
- Davis D.E. (1981). Reacción álcali-agregado. Revista IMCYC. Vol. 18. N° 117.
- Dolar Mantuani L.M. (1981). Oscillatory extinction in quartz used for identifying potentially alkali-reactive rocks. Conference on alkali-aggregate reaction in concrete. South Africa.

- IRAM 1637. (1966). Reacción álcali-agregado. Método de la barra de mortero para la determinación de la reactividad alcalina potencial.
- IRAM 1649 (1968). Agregados para hormigones. Examen petrográfico (1-10).
- IRAM 1650 (1968). Reactividad alcalina potencial en agregados. Método de ensayo químico (3-15).
- Mielenz Richards C. (1958). Chemical test for alkali reactivity of concrete aggregate. Highway Research Board. The alkali-aggregate reactivity reaction in concrete. Research report 18-C (26-28).
- Oberholster R.E. et al. (1978). "The evaluation of greywacke, hornfels and granite aggregates for potential alkali reaction". 4th International Conference on the Effects of alkalis in cement and concrete. Purdue University.
- Poitevin P. y Regourd M. (1981). "Durabilité des Bétons: ces des granulats reactifs. Annals de L'Institute Technique du Batiment et des Travaux.
- Powers T.C. and Steinour H.H. (1955). An interpretation of published research on the alkali-aggregate reaction. Journal of the A.C.I. Vol. 51 (812-1, 812-3).
- Stanton Thomas E.; Porter O.J.; Meder L.C.; Nicol Allen. (1942). California experience between cement and aggregate. Journal of the A.C.I. Vol. 13 N° 3 (209-236).
- Swenson E.G. (1957). A reactive aggregate undetected by ASTM test. ASTM Bulletin N° 205 (48-51).
- Swenson E.G. (1958). Performance of test for cement-aggregate reaction. H.R.B. research report 18-C (39-40).
- Stanton Thomas E. (1940). Expansion of concrete through reaction between cement and aggregates. Proceedings ASCE. Vol. 66 Dic. 1940. (1781-1812).



FOTOGRAFIA N°1

Vista de una losa de hormigón de un pavimento afectado por la reacción álcali-agregado.



FOTOGRAFIA N°2

Vista de un pilar de hormigón masivo afectado por la reacción álcali-agregado.



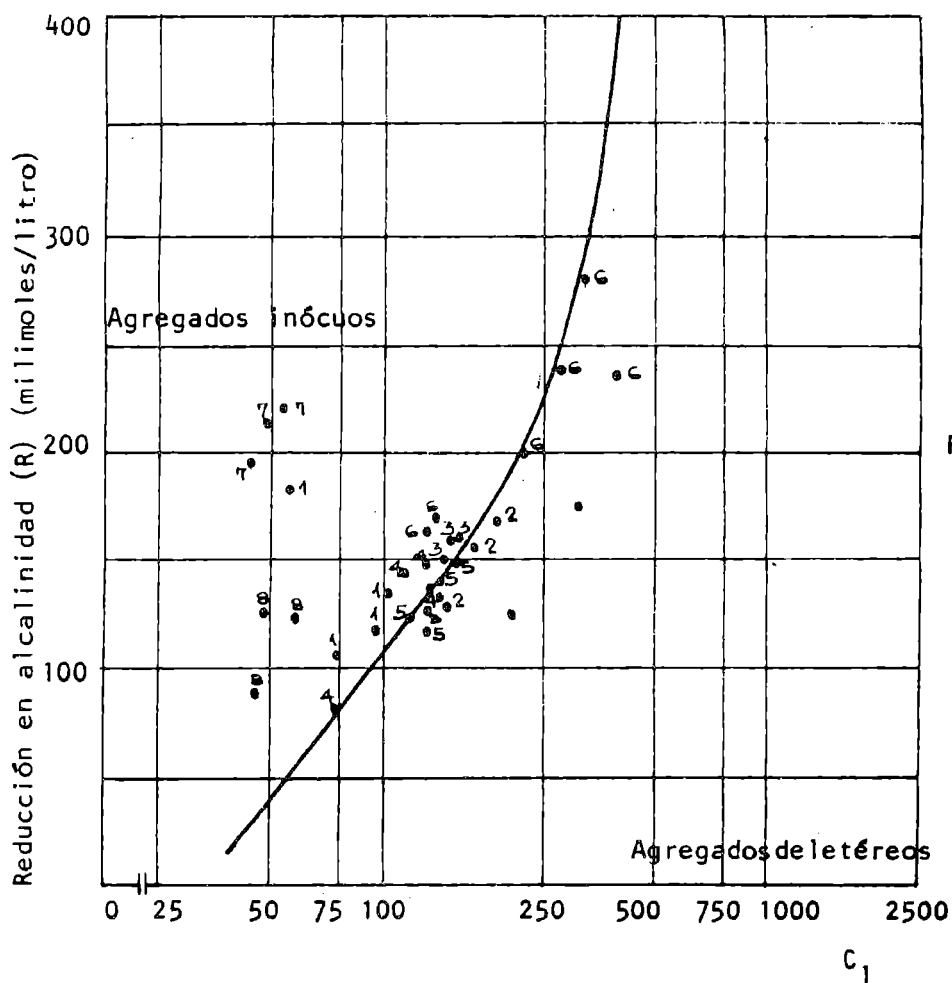


Figura N° 1

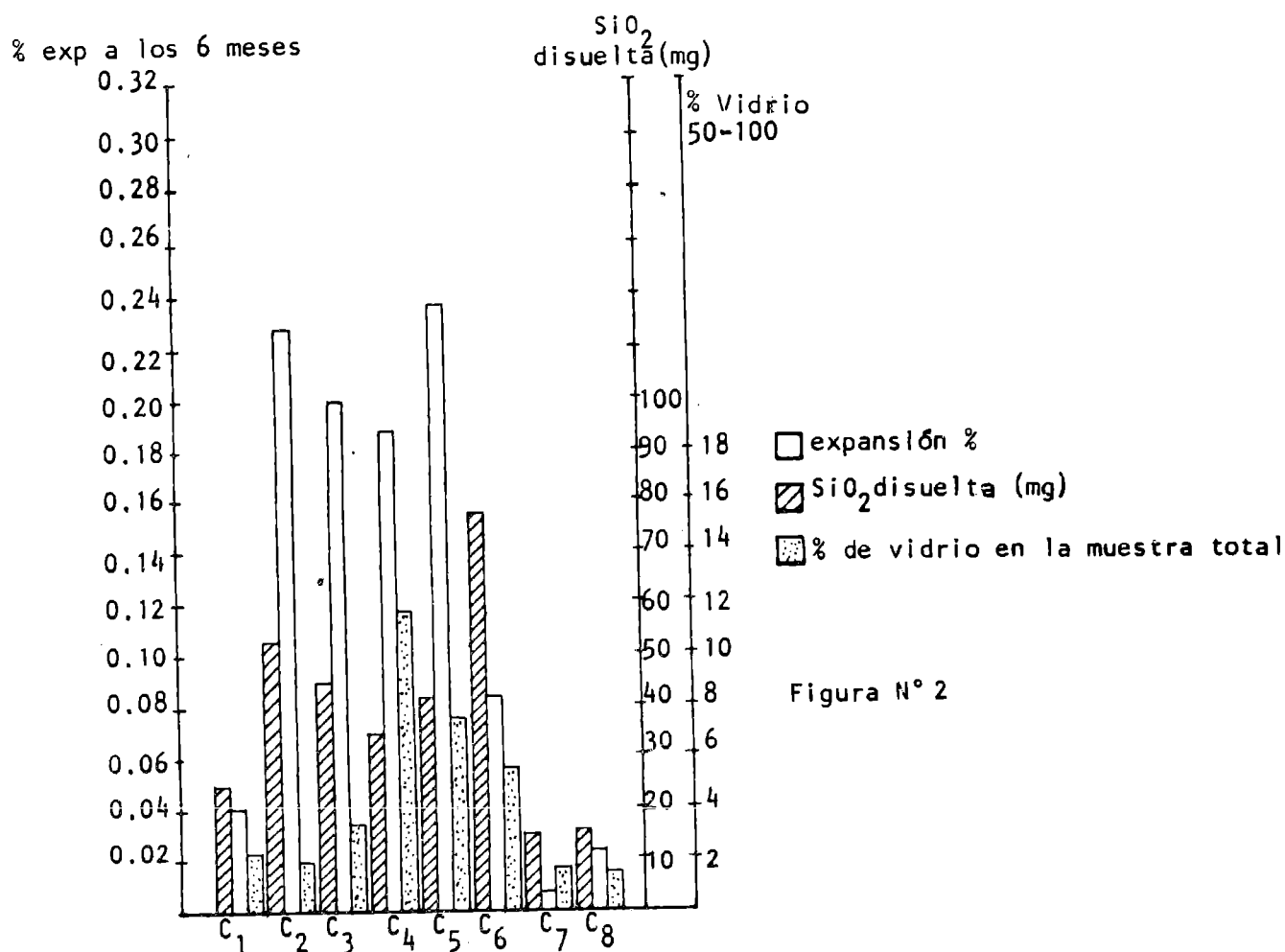


Figura N° 2

Tabla N° 1 - MINERALES Y ROCAS DELETEREOS QUE SON POTENCIALMENTE REACTIVOS  
CON ALCALIS EN EL CEMENTO.

MINERALES		NORMA SABES 1083 (1980)	
Opalo			
Calcedonia			
Tridimita			
Cristobalita			
Cuarzo criptocristalino, microcristalino o vítreo.			
Cuarzo de grano grueso que está intensamente fracturado, granulado o tensionado internamente o lleno con inclusiones submicroscópicas de las cuales illita es una de las más comunes.			
Venas de cuarzo.			
ROCA		ROCAS	
ROCA		COMPONENTE REACTIVO	
Rocas ígneas			
Granito.....)		Más del 30 % del cuarzo tensionado está caracterizado por extinción ondulatoria.	
Granodioritas ....)			
Charnoquitas ....)			
Pumicitas .....)			
Riolitas.....)			
Andesitas .....)		Vidrios volcánicos ácidos a intermedios, ricos en sílice; vidrio alterado; tridimita.	
Dacitas .....)			
Latitas .....)			
Perlitas .....)			
Obsidianas .....)			
Tufas volcánicas .)			
Basaltos .....)		Calcedonia, cristobalita, ópalo, palagonita, vidrio volcánico básico.	
Rocas metamórficas			
Gneis .....)		Más del 30 % del cuarzo tensionado está caracterizado por extinción ondulatoria.	
Esquistos.....)			
Cuarcitas .....)		Cuarzo tensionado; 5% o más de ftanitas.	
Hornfels .....)		Posiblemente ciertos filosilicatos, por ej. vermiculita; cuarzo tensionado; cuarzo criptocristalino.	
Fillitas .....)			
Arcillitas .....)			
Rocas sedimentarias			
Areniscas .....)		Cuarzo tensionado, 5% o más de ftanitas, ópalo.	
Grauvacas.....)		Posiblemente ciertos filosilicatos, por ej. vermiculita; cuarzo tensionado.	
Limolitas .....)		Posiblemente ciertos filosilicatos, por ej. vermiculita; cuarzo tensionado; ópalo.	
Pizarras .....)		Posiblemente ciertos filosilicatos, por ej. vermiculita; cuarzo tensionado; ópalo.	
Ftanitas .....)		Cuarzo criptocristalino, calcedonia, ópalo.	
Diatomitas .....)		Opalo, cuarzo criptocristalino.	
Calcáreas .....)		Opalo, calcedonia.	
Caliza dolomítica arcillosa .....)			
Dolomita calcética arcillosa .....)		Filosilicatos expuestos a desdolomitización.	

Muest. N°	Cantera N°	Fracción										Total
		10	10*	18	18*	30	30*	60	60*	100	100*	
1	1	-	-	-	-	-	-	4,04	0,97	2,27	1,64	2,62
	2	-	-	-	-	-	-	2,74	0,86	1,09	0,71	1,57
	3	-	-	-	-	0,27	-	1,72	0,31	1,92	1,46	1,76
	4	-	-	-	-	1,30	0,03	2,77	0,71	2,51	1,72	2,46
	$\bar{X}$	-	-	-	-	0,27	0,03	2,82	0,71	1,95	1,38	2,10
	S	-	-	-	-	-	-	0,95	0,29	0,62	0,46	0,51
2	1	-	-	6,27	0,1	0,75	0,38	0	-	2,73	0,33	0,81
	2	-	-	-	-	0	-	1,15	0,36	3,31	1,55	1,92
	3	-	-	10,03	0,04	2,44	0,26	4,44	1,11	2,83	1,61	3,02
	$\bar{X}$	-	-	8,15	0,07	1,06	0,32	1,86	0,735	2,96	1,16	1,92
	S	-	-	2,66	0,04	1,25	0,08	2,30	0,53	0,31	0,72	1,11
3	1	-	-	0	-	1,21	0,13	1,09	0,13	2,56	1,59	1,85
	2	-	-	10,0	0,01	5,66	0,42	6,87	1,77	3,34	2,04	4,25
	3	-	-	-	-	4,03	1,49	3,85	1,50	3,25	0,72	3,71
	4	-	-	8,55	0,04	3,93	1,12	3,98	1,47	3,57	1,13	3,76
	$\bar{X}$	-	-	6,8	0,025	3,71	0,79	3,95	1,22	3,18	1,37	3,32
	S	-	-	5,40	0,02	1,84	0,62	2,36	0,74	0,43	0,57	1,06
4	1	-	-	6,02	1,09	6,9	2,31	14,9	4,16	15,7	2,19	9,75
	2	-	-	3,1	0,80	14,4	4,86	22,99	3,19	18,87	1,18	10,02
	3	-	-	3,7	0,26	13,6	4,98	20,20	14,07	22,10	1,82	21,12
	4	-	-	6,5	2,24	6,5	1,67	3,554	2,02	12,28	0,50	6,43
	$\bar{X}$	0	-	4,83	1,10	10,35	3,45	25,66	5,86	17,24	1,4	11,82
	S	-	-	1,68	0,83	4,23	1,71	8,61	5,54	4,21	0,71	6,40
5	1	0	-	4,35	0,19	15,28	0,75	6,71	3,50	4,01	1,21	5,65
	2	0	-	4,65	0,16	4,11	0,95	1,40	3,92	4,90	1,87	6,20
	3	0	-	3,85	1,17	5,66	0,27	11,28	3,98	13,61	5,90	10,49
	4	0	-	6,90	0,44	8,94	0,82	8,78	3,55	9,61	2,69	7,51
	$\bar{X}$	0	-	4,24	0,24	8,50	0,70	8,72	3,74	8,93	2,92	7,46
	S	-	-	1,35	0,13	4,95	0,30	1,89	0,25	4,46	2,08	2,16
6	1	0	-	10,53	1,40	7,59	1,02	8,21	2,04	6,74	0,57	5,03
	2	0	-	12,85	0,81	10,68	0,94	8,08	3,92	7,04	1,51	7,17
	3	0	-	3,77	0,16	12,47	0,78	9,63	3,24	7,12	1,98	6,18
	4	21,43	1,63	10,61	2,03	13,13	3,46	10,44	2,75	4,92	0,28	10,15
	5	0	-	9,09	1,98	8,14	1,38	4,19	0,81	4,51	0,22	4,46
	6	0	-	5,56	0,66	4,60	0,37	4,03	1,22	0,47	0,1	1,94
	$\bar{X}$	4,29	0,27	8,77	1,11	9,44	1,32	7,43	2,33	5,14	0,78	5,81
	S	9,58	0,66	3,44	0,82	3,25	1,10	2,72	1,20	2,55	0,78	2,77
7	1	7,4	0,23	3,6	0,37	0,6	0,12	6,9	3,61	1,3	0,17	4,51
	2	0	-	0	-	0,9	0,18	1,3	0,70	1,7	0,24	2,12
	$\bar{X}$	3,7	0,11	1,8	0,18	0,75	0,15	4,1	2,15	1,5	0,205	2,81
	S	5,23	0,16	2,54	0,26	0,21	0,04	3,96	2,06	0,28	0,05	2,40
8	1	2,3	0,61	4,62	0,93	4,18	0,58	1,29	0,20	1,08	0,01	2,39
	2	0	-	2,78	0,51	1,19	0,14	0,30	0,04	1,22	0,02	0,71
	$\bar{X}$	1,15	0,33	3,7	0,72	2,68	0,36	0,85	0,12	1,15	0,015	1,152
	S	1,63	0,47	1,30	0,30	2,11	0,31	0,77	0,11	0,09	0,007	1,19

\* Al total

TABLA N° 2

TABLA N° 3

Cantera N°	Muestra N°	Sflice disuelta (mg)	C <sub>i</sub> (milimoles / litro)	R (milimoles / litro)
1	1	22,2	73,99	105
	2	30,4	101,32	130
	3	17,2	57,33	180
	4	28,0	93,32	115
	$\bar{x}$	24,45		
2	1	46,1	153,65	130
	2	60,0	199,98	165
	3	51,5	171,65	165
	$\bar{x}$	52,53		
3	1	44,0	146,65	120
	2	45,1	150,32	160
	3	42,5	141,65	150
	$\bar{x}$	44,95		
4	1	33,4	111,32	148
	2	40,3	134,32	125
	3	21,5	71,66	85
	4	42,5	141,65	150
	$\bar{x}$	34,42		
5	1	41,7	138,99	115
	2	38,0	126,65	100
	3	41,3	138,99	140
	4	43,1	143,65	135
	$\bar{x}$	41,12		
6	1	99,8	332,63	275
	2	118,8	395,96	230
	3	95,0	316,63	220
	4	88,0	293,30	235
	5	40,0	133,32	170
	6	39,6	131,99	170
	7	70,5	234,98	200
	8	67,3	224,31	125
	$\bar{x}$	77,7		
7	1	13,2	43,99	125
	2	16,3	54,33	220
	3	14,6	48,66	215
	$\bar{x}$	14,7		
8	1	15,0	49,99	125
	2	16,9	56,33	120
	3	14,4	47,99	90
	$\bar{x}$	15,43		

TABLA N° 4

METODO DE LA BARRA DE MORTERO (NORMA IRAM 1637)

VARIACION DE LONGITUD DE LAS PROBETAS EN LAS MEZCLAS ESTUDIADAS

ARENAS		Cemento portland % Alcalis	Variación de la longitud de las probetas a la edad de: (%)			
Cantera	Muest.		1mes	2 meses	3 meses	6 meses
C-1	1	1,14	0018	0020	0037	0037
	10		0025	0027	0033	0043
C-2	3	1,14	0030	0118	0210	0250
	9		0083	0141	0185	0206
C-3	2	1,14	0042	0137	0190	0187
	8		0024	0116	0180	0213
C-4	4	1,14	0016	0109	0193	0173
	11		0021	0046	0106	0102
C-5	6	1,14	0080	0217	0285	0324
	12		0035	0090	0146	0146
C-6	7	1,14	0000	0015	0048	0154
	13		0001	0004	0020	0014
C-7	15	1,14	-0018	0003	0004	0006
C-8	17	1,14	-0016	0004	0008	0022